

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-313979

(43)Date of publication of application : 14.11.2000

(51)Int.Cl. C23G 3/02  
C23G 1/08

(21)Application number : 11-120416

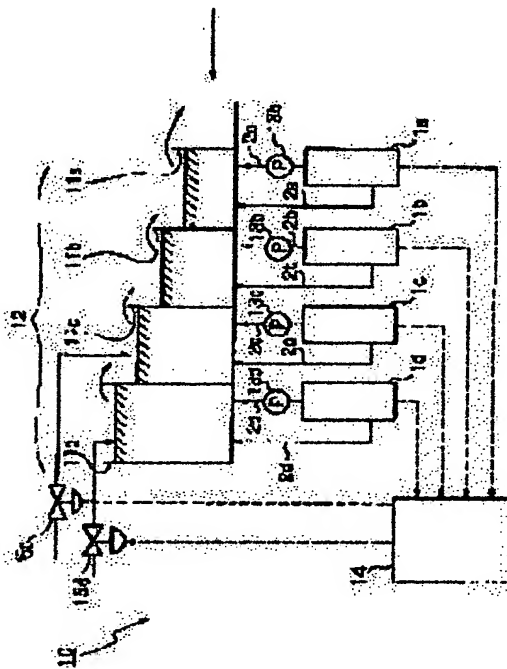
(71)Applicant : SUMITOMO METAL IND LTD

(22)Date of filing : 27.04.1999

(72)Inventor : KATAOKA TAKEO  
YOKOTE TAKAHITO**(54) AUTOMATIC ACID CONCENTRATION CONTROLLER AND AUTOMATIC ACID CONCENTRATION CONTROL METHOD****(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a device capable of continuously controlling the hydrochloric acid concentration of a final tank among the plural pickling tanks constituting continuous pickling equipment.

**SOLUTION:** This automatic acid concentration controller 10 has a main body which constitutes part of a flow passage 2 for continuously passing a pickling liquid housed in the pickling tank 11, a densitometer which is installed in this main body and continuously measures the pickling liquid flowing in part of the flow passage 2, a thermometer, an electrical conductivity meter and an arithmetic unit 14. The device has continuous acid concentration measuring instruments 1c and 1d which are respectively installed in the third tank 11c and final tank 11d among the pickling tanks 11a to 11d constituting the continuous pickling equipment 12 and a feedback control means relating to the acid concentration of the pickling liquid respectively housed in the third tank 11c and the final tank 11d in accordance with the computed values obtained by these continuous acid concentration measuring instruments 1c and 1d.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

08.05.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-313979

(P2000-313979A)

(43) 公開日 平成12年11月14日 (2000. 11. 14)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>C 2 3 G 3/02  
1/08

識別記号

F I

C 2 3 G 3/02  
1/08

テームト\* (参考)

4 K 0 5 3

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願平11-120416

(22) 出願日 平成11年4月27日 (1999. 4. 27)

(71) 出願人 000002118

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(72) 発明者 片岡 武雄

茨城県鹿嶋市大字光3番地 住友金属工業  
株式会社鹿島製鉄所内

(72) 発明者 横手 隆人

茨城県鹿嶋市大字光3番地 住友金属工業  
株式会社鹿島製鉄所内

(74) 代理人 100081352

弁理士 広瀬 章一

Fターム(参考) 4K053 PA02 PA12 QA01 RA19 RA29

SA06 TA02 TA03 TA16 XA24

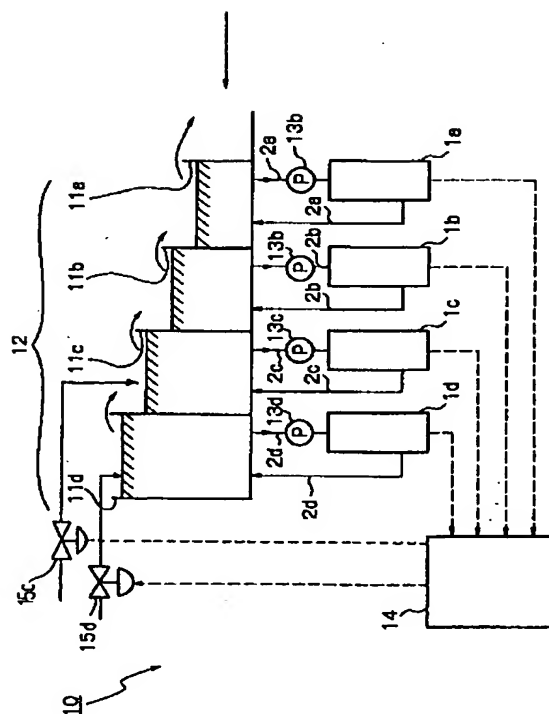
XA46 XA50 YA03 YA23 YA25

(54) 【発明の名称】 酸濃度自動制御装置および酸濃度自動制御方法

(57) 【要約】

【課題】 連続酸洗設備を構成する複数酸洗槽における最終槽の塩酸濃度を連続的に制御することのできる装置を提供する。

【解決手段】 酸洗槽11に収容された酸洗液を連続的に流すための流路2の一部を構成する本体3と、本体3に設置されて流路2の一部を流れる酸洗液を連続的に測定するための密度計4、温度計5および導電率計6と、演算装置14とを有し、連続酸洗設備12を構成する酸洗槽11a～11dのうちの第3槽11cおよび最終槽11dにそれぞれ設置される酸濃度連続測定装置1c、1dと、酸濃度連続測定装置1c、1dにより得られる演算値に基づいた第3槽11cおよび最終槽11dにそれぞれ収容された酸洗液の酸濃度に関するフィードバック制御手段とを組み合わせる酸濃度自動制御装置10である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 酸洗槽に収容された酸洗液を連続的に流すための流路の一部を構成する本体と、該本体に設置されて前記流路の一部を流れる酸洗液を連続的に測定するための密度計と、前記流路または前記酸洗槽における酸洗液を連続的に測定するための温度計および導電率計と、前記密度計、前記温度計および前記導電率計それぞれの測定結果に基づいて前記流路の一部を流れる酸洗液の酸濃度を演算する演算装置とを有し、連続酸洗設備を構成する複数の酸洗槽のうちの少なくとも酸液を供給される複数の酸洗槽にそれぞれ設置される酸濃度連続測定装置と、

該酸濃度連続測定装置により得られる演算値に基づいた、前記酸液を供給される複数の酸洗槽にそれぞれ収容された酸洗液の酸濃度に関するフィードバック制御手段とを組み合わせることを特徴とする酸濃度自動制御装置。

【請求項 2】 酸洗槽に収容された酸洗液を連続的に流すための流路の一部を構成する本体と、該本体に設置されて前記流路の一部を流れる酸洗液を連続的に測定するための密度計と、前記流路または前記酸洗槽における酸洗液を連続的に測定するための温度計および導電率計と、前記密度計、前記温度計および前記導電率計それぞれの測定結果に基づいて前記流路の一部を流れる酸洗液の酸濃度を演算する演算装置とを有し、連続酸洗設備を構成する複数の酸洗槽のうちの少なくとも酸液を供給される 1 または 2 以上の酸洗槽、および前記連続酸洗設備を構成する循環槽にそれぞれ設置される酸濃度連続測定装置と、

該酸濃度連続測定装置により得られる演算値に基づいた、前記酸液を供給される複数の酸洗槽にそれぞれ収容された酸洗液の酸濃度、および／または前記循環槽に収容された酸洗液の酸濃度に関するフィードバック制御手段とを組み合わせることを特徴とする酸濃度自動制御装置。

【請求項 3】 前記酸液を供給される複数の酸洗槽は、少なくとも最終槽を含む請求項 1 または請求項 2 に記載された酸濃度自動制御装置。

【請求項 4】 前記酸濃度連続測定装置は、前記酸液を供給される複数の酸洗槽以外の少なくとも一つの酸洗槽に設置される請求項 1 から請求項 3 までのいずれか 1 項に記載された酸濃度自動制御装置。

【請求項 5】 さらに、前記酸濃度連続測定装置により得られる演算値に基づいた、前記酸液を供給される複数の酸洗槽にそれぞれ収容された酸洗液の酸濃度、および／または前記循環槽に収容された酸洗液の酸濃度に関するフィードフォワード制御手段を備えることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 までのいずれか 1 項に記載された酸濃度自動制御装置。

【請求項 6】 前記連続酸洗設備は、下流側の酸洗槽に

収容された酸洗液を上流側に隣接する酸洗槽へ順次オーバーフローさせる型の連続酸洗設備である請求項 1 から請求項 5 までのいずれか 1 項に記載された酸濃度自動制御装置。

【請求項 7】 連続酸洗設備を構成する複数の酸洗槽のうちの少なくとも酸液を供給される複数の酸洗槽にそれぞれ収容された酸洗液を連続的に流しておき、連続的に流れる該酸洗液の密度、温度および導電率それぞれの測定結果に基づいて前記酸洗液の酸濃度を連続的に求め、

求めた該酸濃度に基づいて、前記酸液を供給される複数の酸洗槽にそれぞれ収容された酸洗液の酸濃度をフィードバック制御することを特徴とする酸濃度自動制御方法。

【請求項 8】 連続酸洗設備を構成する複数の酸洗槽のうちの少なくとも酸液を供給される 1 または 2 以上の酸洗槽、および前記連続酸洗設備を構成する循環槽にそれぞれ収容された酸洗液を連続的に流しておき、連続的に流れる該酸洗液の密度、温度および導電率それぞれの測定結果に基づいて前記酸洗液の酸濃度を連続的に求め、

求めた該酸濃度に基づいて、前記酸液を供給される複数の酸洗槽にそれぞれ収容された酸洗液の酸濃度、および／または前記循環槽に収容された酸洗液の酸濃度をフィードバック制御することを特徴とする酸濃度自動制御方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、酸濃度自動制御装置および酸濃度自動制御方法に関し、より具体的には、鋼帯の連続酸洗設備における酸洗槽の酸濃度を連続的に測定することができる酸濃度連続測定装置を用いて酸洗槽の酸濃度を自動制御する酸濃度自動制御装置、例えば、下流側の酸洗槽に収容された酸洗液を、上流側に隣接して配置された酸洗槽へ順次オーバーフローさせる型の連続酸洗設備における酸濃度自動制御装置と、酸濃度自動制御方法とに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 酸洗とは、例えば、冷延鋼板、冷延鋼板の圧延素材となる熱延鋼板または最終成品である熱延鋼板等といった処理鋼板の表面に存在する酸化スケールを、塩酸や硫酸等の酸洗液に浸漬すること、あるいは酸洗液を噴霧することによって、除去する処理をいう。この酸洗は、例えば、処理鋼板を、酸洗液を収容する酸洗槽を通板方向へ複数並列した状態で備える連続酸洗設備に、連続して通板させることにより、行われる。この連続酸洗設備を用いた酸洗では、各酸洗槽とりわけ最終槽における酸濃度が、酸化スケールの除去効率に大きく影響する。このため、この連続酸洗設備を用いた酸洗に関しては、酸濃度を正確に制御することが要求される。

【0003】従来より、鋼帯の連続酸洗設備では、卓上測定器で酸洗液の酸濃度を測定し、この測定結果に基づいて手動で酸液を供給すること、もしくは、この卓上測定器を連続酸洗設備の酸洗槽に設置して酸濃度を自動測定し、この測定結果に基づいて酸液の供給量を自動制御することによって、酸洗液の酸濃度測定および酸液供給が行われてきた。

【0004】しかし、手動で酸液を供給すると、酸洗液の酸濃度の変化に的確に対応できない。このため、酸洗液の酸濃度の変動が大きくなり易く、また安全を見込むために酸液の供給量が過剰となり易い。このため、手動で酸液を供給すると、酸の原単位が悪化する。

【0005】また、卓上測定器を酸洗槽に設置して酸洗液の酸濃度を自動測定するには、試料用装置である滴定式分析計を用いる。この滴定式分析計による測定は、サンプル液、試薬および洗浄液を交互に測定セル内に導入することにより、行われる。このため、測定セル内でのサンプル液の流れが断続的となるために滞留したサンプル液が配管内で固化して配管が詰まってしまい、測定開始後短時間で測定できなくなってしまう。

【0006】また、この滴定式分析計による測定では微量のサンプル液を配送するため、配管系の微細チューブが詰まってしまう。詰まり防止のために濾過装置を設けると、切り換え機構を有する複雑な配管系となる。このため、切り換え機構の切り換え回数の増加により、配管の詰まりが誘発される。

【0007】また、滴定式分析計は高価である。そのため、サンプルが複数種存在する場合には、各サンプリング配管を並列で一つの滴定式分析計に接続しておき、各サンプリング配管を切り換えることによって、測定を行う。このため、このサンプリング配管の切り換えによっても、配管の詰まりが頻発する。

【0008】さらに、1回のサンプリングに際して、試薬導入からデータ出力までに約15分間を要する。このため、複数回のサンプリングを行う場合、各データの出力間隔は最低でも15分毎に1回程度と、かなり長くなる。このため、連続酸洗設備の酸濃度制御系に滴定式分析計を適用しても、連続的に酸洗液の酸濃度測定値を出力することは事実上不可能である。

【0009】このように、滴定式分析計を用いた酸濃度の測定は、薬液による反応時間、および前処理装置による洗浄のための切り換え時間やサンプリング時間が長い。このため、サンプリングタイミングに対する測定タイミングの時間遅れが不可避免的に発生する。また、滴定式分析計を用いた酸濃度の測定では、出力データもかなりの間隔（15分間程度）を伴って断続的に出力される。このため、制御の応答性が極めて低い。したがって、滴定式分析計を用いて酸洗液の酸濃度を高精度で制御することは、事実上困難であった。

【0010】このように、酸洗槽に収容された酸洗液の

酸濃度の測定には長時間を要する。このため、特に、各酸洗槽が仕切り板により区画され、下流側の酸洗槽に収容された酸洗液が上流側の酸洗槽へ順次オーバーフローするとともに、最終槽に対して酸を供給する型の連続酸洗設備では、通常、最終槽に収容された酸洗液の酸濃度だけを測定して酸液の供給量を決定することにより、酸濃度に応じて酸液の供給量を管理していた。

【0011】しかし、この型の連続酸洗設備において酸洗液による鋼帯のスケール層との反応が活発に行われているのは、実際には、最終槽よりも上流側の酸洗槽である。このため、最終槽よりも上流側の酸洗槽に収容された酸濃度の変動が大きい場合には、鋼帯にスケール残りが発生する。

【0012】鋼帯にスケール残りが発生すると、ライン速度を低下することにより各酸洗槽の酸濃度を安定させる必要が生じる。また、スケール残りの発生を防止するために、各酸洗槽の酸濃度を通常時よりも高目に管理する必要も生じる。このため、たとえ、酸濃度をリアルタイムで計測して酸液の供給量を制御することができたとしても、酸原単位すなわちコストの上昇は避けられない。

【0013】一方、複数の酸洗槽とともに酸洗液の循環槽（メイクアップタンク）を有する連続酸洗設備においても、酸洗槽に収容された酸洗液の酸濃度を測定しようとすると、測定に長時間を要するために酸洗槽に収容された酸洗液の酸濃度を目標値に制御するのに長時間を要し、結局、循環槽に収容された酸洗液の酸濃度も大きく変動してしまう。そこで、循環槽を有する連続酸洗設備では、循環槽に収容された酸洗液の酸濃度だけを測定し、この測定結果に基づいて酸洗槽への酸液の供給量を決定していた。しかし、この手段では、酸洗槽に収容された酸洗液の酸濃度を測定しないために、酸洗処理された鋼帯にスケール残りや過酸洗等の不具合が不可避免的に発生していた。

【0014】そのため、従来より、酸洗槽に収容された酸洗液の濃度を連続的に測定することができないことを補って酸濃度を高い応答性で迅速に制御するために、様々な提案がなされてきた。

【0015】例えば、特公昭57-2275号公報には、酸濃度のフィードバック制御ではゲイン（精度）を大きくするとハッチングし、また小さくすると検出器の精度が低下して使用できないことから、液温度、酸濃度、酸反応時間および反応表面積の間の関係式を用いたフィードフォワード制御を行うことによって、酸濃度の制御の応答性を改善する発明が開示されている。

【0016】また、特開平6-126322号公報には、噴流酸洗設備において、最上流の循環槽における酸濃度を調整するとともにそのときの投入酸量に対応する量の一つ下流の循環槽に供給し、この酸濃度調整および酸供給を下流の循環槽に対して順次行っていくことにより、各循

10

20

30

40

50

環槽の酸濃度を制御する発明が開示されている。

【0017】また、特開平9-125270号公報には、酸濃度および液面レベルの測定値を求め、それらの測定値が目標値を外れる場合に、排酸、給酸そして給水を行う発明が開示されている。

【0018】また、特開平10-147895号公報には、各酸洗槽毎に酸洗液の循環装置を個別に有するとともに隣接する酸洗槽間での酸洗液のオーバーフローを伴わない型の連続酸洗設備に関して、酸濃度を制御する方法が開示されている。

【0019】さらに、特開平7-54175号公報には、連続酸洗設備による酸洗の前後における板厚差から酸洗減量を求め、求めた酸洗減量に基づいて酸供給量および酸濃度を制御する方法が開示されている。

【0020】

【発明が解決しようとする課題】しかし、特公昭57-2275号公報により開示された発明で必要となる酸濃度の測定は、連続的に行うことはできない。このため、この発明によっても酸濃度を高精度で制御することはできない。また、この発明の実施に際し、酸濃度を長時間測定すると、サンプリング配管において酸による詰まりが発生し、測定器の稼働率を低下させてしまう。

【0021】また、特開平6-126322号公報により開示された発明により酸濃度を連続的に制御するには、最終循環槽に収容された酸洗液の酸濃度を連続的に測定する必要がある。しかし、前述したように、酸濃度の連続的な測定は不可能である。このため、この発明によっても、酸濃度を連続的に制御することはできない。

【0022】また、特開平9-125270号公報により開示された発明においても、上述したように酸濃度を連続的に測定することはできない。このため、この発明によっても酸濃度を連続的に制御することは困難である。さらに、この発明では、給水を行うと廃酸の酸濃度が低下する。このため、この発明によると、廃酸の回収時に酸原単位が悪化する。

【0023】また、特開平10-147895号公報により開示された型の連続酸洗設備では、各酸洗槽の酸濃度を独立して制御することができるため、高精度で酸濃度を制御することが可能である。しかし、この提案にかかる制御を、何らの設備改造を伴うことなく、隣接する酸洗槽間で酸洗液のオーバーフローが発生する型の連続酸洗設備に適用することはできない。つまり、特開平10-147895号公報に開示された方法を、隣接する酸洗槽間で酸洗液のオーバーフローが発生する型の連続酸洗設備に対して適用するには、酸液の循環槽、循環ポンプ、廃酸・給酸配管等を各酸洗槽の全てに設置する必要がある。このため、相当な設備投資や設置スペースが必要となり、この発明を実施することは現実には極めて難しい。

【0024】さらに、酸洗でのスケールロスはスケール厚によっても変動し、このスケール厚は例えば熱間圧延

時の巻取温度によって変動する。このため、特開平7-54175号公報により開示された発明では、酸濃度の変化量と酸洗ロス量とは必ずしも等しくならない。このため、偏差が発生した分だけ酸濃度の制御精度が低下してしまう。

【0025】このように、従来の技術には、そのいずれにも、酸洗槽に収容された酸洗液の酸濃度を連続的に測定することができないという、共通かつ致命的な課題があった。このため、酸液の供給量を手動で制御する場合のみならず、自動制御する場合においても、酸濃度の制御の応答遅れや精度低下を甘受しなければならなかった。

【0026】ここに、本発明の目的は、酸洗槽に収容された酸洗液の酸濃度を連続的に測定することができる酸濃度連続測定装置を用いて、連続酸洗設備を構成する酸洗槽に収容された酸洗液の酸濃度を、連続的かつ高精度で自動制御することができる酸濃度自動制御装置および酸濃度自動制御方法を提供することである。

【0027】具体的には、本発明の目的は、酸洗槽において常時サンプル液を測定することによって非測定時間を短縮して酸濃度の変動および偏析を連続かつ的確に測定でき、さらにサンプリング方法も単純であるとともにメンテナンス性にも優れた酸濃度連続測定装置を用いて、連続酸洗設備を構成する酸洗槽に収容された酸洗液の酸濃度を、連続的かつ高精度で自動制御することができる酸濃度自動制御装置および酸濃度自動制御方法を提供することである。

【0028】さらに具体的には、本発明の目的は、上記の酸濃度連続測定装置を用いて、下流側の酸洗槽に収容された酸洗液を上流側に隣接する酸洗槽へ順次オーバーフローさせる型の連続酸洗設備における酸洗槽の酸濃度を連続的に測定し、この測定結果を酸液の供給量にフィードバックさせることにより、各酸洗槽の酸濃度を適正に保つことができるとともに酸洗液の原単位を改善することができる酸濃度自動制御装置および酸濃度自動制御方法を提供することである。

【0029】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、かかる目的を達成するために種々検討を重ねた。そして、酸洗槽および循環槽の少なくとも一方に収容された酸洗液の一部を絶えず流しておき、この酸洗液の酸濃度を連続的に測定することに着目した。従来は、このように酸洗液を絶えず流そうとしても、流速が低下する部分が必ず発生し、この流速が低下する部分で酸洗液が短時間で詰まってしまうと考えられていた。したがって、これまでは、このようにして酸洗液の酸濃度を連続的に測定することは、全く検討されなかった。

【0030】その結果、本発明者らは、酸洗液の酸濃度以外の物性値を連続的に測定することができる測定装置を酸洗液の流路に配置し、この測定装置から出力される

10

20

30

40

50

連続的な測定データを用いて演算を行うことによって、酸洗液の詰まりを事実上解消しながら酸洗液の酸濃度を連続的かつ正確に求めることができることを知見した。

【0031】また、本発明者らは、これらの酸濃度の連続的な演算値に基づいて、酸液を供給される酸洗槽および循環槽の少なくとも一方の酸濃度に対して、フィードバック制御、またはフィードバック制御とフィードフォワード制御との組合せを行うことにより、絶えず変動する酸濃度に迅速かつ的確に対応でき、酸洗槽の酸濃度を高精度で制御できることを知見した。

【0032】さらに、本発明者らは、酸液を供給される酸洗槽と、この酸液を供給される酸洗槽以外の少なくとも一つの酸洗槽とのそれぞれにおける酸洗液の連続的な演算値に基づいて、酸液を供給される酸洗槽の酸濃度に対してフィードバック制御を行うことにより、下流側の酸洗槽に収容された酸洗液を上流側に隣接する酸洗槽へ順次オーバーフローさせる型の連続酸洗設備に関しても、酸液を供給される酸洗槽の酸濃度を高精度で制御できることを知見した。

【0033】本発明者らは、これらの知見に基づいてさらに検討を重ねた結果、本発明を完成した。ここに、本発明は、酸洗槽に収容された酸洗液を連続的に流すための流路の一部を構成する本体と、この本体に設置されて流路の一部を流れる酸洗液を連続的に測定するための密度計と、流路または酸洗槽における酸洗液を連続的に測定するための温度計および導電率計と、密度計、温度計および導電率計それぞれの測定結果に基づいて流路の一部を流れる酸洗液の酸濃度を演算する演算装置とを有し、連続酸洗設備を構成する複数の酸洗槽のうちの少なくとも酸液を供給される複数の酸洗槽にそれぞれ設置される酸濃度連続測定装置と、この酸濃度連続測定装置により得られる演算値に基づいた、酸液を供給される複数の酸洗槽にそれぞれ収容された酸洗液の酸濃度に関するフィードバック制御手段とを組み合わせることを特徴とする酸濃度自動制御装置である。

【0034】別の観点からは、本発明は、酸洗槽に収容された酸洗液を連続的に流すための流路の一部を構成する本体と、この本体に設置されて流路の一部を流れる酸洗液を連続的に測定するための密度計と、流路または酸洗槽における酸洗液を連続的に測定するための温度計および導電率計と、密度計、温度計および導電率計それぞれの測定結果に基づいて流路の一部を流れる酸洗液の酸濃度を演算する演算装置とを有し、連続酸洗設備を構成する複数の酸洗槽のうちの少なくとも酸液を供給される1または2以上の酸洗槽、および連続酸洗設備を構成する循環槽にそれぞれ設置される酸濃度連続測定装置と、この酸濃度連続測定装置により得られる演算値に基づいた、酸液を供給される複数の酸洗槽にそれぞれ収容された酸洗液の酸濃度および循環槽に収容された酸洗液の酸濃度のうちの少なくとも一方に関するフィードバック制

御手段とを組み合わせることを特徴とする酸濃度自動制御装置である。

【0035】これらの本発明にかかる酸濃度自動制御装置では、酸液を供給される複数の酸洗槽が、少なくとも最終槽を含むことが例示される。これらの本発明にかかる酸濃度自動制御装置では、酸濃度連続測定装置が、酸液を供給される複数の酸洗槽以外の少なくとも一つの酸洗槽に設置されることが例示される。

【0036】これらの本発明にかかる酸濃度自動制御装置が、さらに、酸濃度連続測定装置により得られる演算値に基づいた、酸液を供給される複数の酸洗槽にそれぞれ収容された酸洗液の酸濃度、および循環槽に収容された酸洗液の酸濃度のうちの少なくとも一方に関するフィードフォワード制御手段を備えることが例示される。

【0037】さらに、これらの本発明にかかる酸濃度自動制御装置では、連続酸洗設備が、下流側の酸洗槽に収容された酸洗液を上流側に隣接する酸洗槽へ順次オーバーフローさせる型の連続酸洗設備であることが、例示される。これらの本発明にかかる酸濃度自動制御装置では、温度計および導電率計が、本体に設置され、流路の一部を流れる酸洗液を測定することが、望ましい。

【0038】また、これらの本発明にかかる酸濃度自動制御装置では、密度計が、少なくとも二つの検出部を有する差圧センサー方式の密度計であることが望ましい。この場合、二つの検出部は、本体における流路の形成方向について少なくとも500mm離間して設置されることが、所望の測定精度を維持するために望ましい。

【0039】また、これらの本発明にかかる酸濃度自動制御装置では、温度計および導電率計が、ともに、本体における流路の出側に設けられることが、所望の測定精度を維持するために望ましい。

【0040】また、これらの本発明にかかる酸濃度自動制御装置では、本体における流路をできるだけ直線状に形成して部分的な流速低下部を発生させないようにし、または、流路のうちで流速が低下して酸洗液が詰まり易い部分には、酸洗液の滞留を抑制することによる詰まり防止機構を設けておくことが、酸洗液による詰まりを防止するために望ましい。

【0041】これらの酸濃度自動制御装置の制御対象としての酸洗槽は、浸漬方式ばかりでなく、噴霧方式であってもよい。これらの本発明にかかる酸濃度自動制御装置における酸濃度連続測定装置による「連続的な測定」とは、例えば公知の滴定式分析計を用いた場合の測定ピッチ（約15分間）に比べて極めて短い測定ピッチでの測定を意味しており、例えば、測定ピッチが1分間以下、望ましくは10秒間以下である酸濃度測定を意味する。

【0042】また、別の観点からは、本発明は、連続酸洗設備を構成する複数の酸洗槽のうちの少なくとも酸液を供給される複数の酸洗槽にそれぞれ収容された酸洗液を連続的に流しておき、連続的に流れる酸洗液の密度、



温度および導電率それぞれの測定結果に基づいて酸洗液の酸濃度を連続的に求め、求めた酸濃度に基づいて、酸液を供給される複数の酸洗槽にそれぞれ収容された酸洗液の酸濃度をフィードバック制御することを特徴とする酸濃度自動制御方法である。

【0043】さらに、本発明は、連続酸洗設備を構成する複数の酸洗槽のうちの少なくとも酸液を供給される1または2以上の酸洗槽、および連続酸洗設備を構成する循環槽にそれぞれ収容された酸洗液を連続的に流しておき、連続的に流れる酸洗液の密度、温度および導電率それぞれの測定結果に基づいて酸洗液の酸濃度を連続的に求め、求めた酸濃度に基づいて、酸液を供給される複数の酸洗槽にそれぞれ収容された酸洗液の酸濃度および循環槽の少なくとも一方に収容された酸洗液の酸濃度をフィードバック制御することを特徴とする酸濃度自動制御方法である。

【0044】

【発明の実施の形態】(第1実施形態)次に、酸洗液として塩酸を使うとともに、最終槽およびその一つ上流側の酸洗槽にいずれも酸液を供給する場合を例にとりて、本発明にかかる酸濃度自動制御装置および酸濃度自動制御方法の実施の形態を詳細に説明する。

【0045】まず、本実施形態で用いる酸濃度連続測定装置を説明する。図1は、本実施形態で用いる酸濃度連続測定装置1の内部構造を示す説明図である。図1中の破線矢印は酸洗液の流れを示す。また、図2は、密度計4の設置部近傍を抽出して示す断面図である。

【0046】図1に示すように、この酸濃度連続測定装置1は、ポンプ13により酸洗槽から圧送された酸洗液を連続的に一方向へ流すための循環流路2の一部を内蔵する筒状の酸濃度連続測定装置本体3と、循環流路2の一部を流れる酸洗液を連続的に測定する密度計4、温度計5および導電率計6とを備える。

【0047】本実施形態における酸濃度連続測定装置本体3は、筒形状のものであってサンプルである酸洗液を酸洗槽11から連続的に流して酸洗槽11へ戻すことができる構造であればよく、特定の構造には限定されない。

【0048】酸濃度連続測定装置本体3の材質は、酸洗液に浸食されない程度の耐酸性を有するものであればよく、本実施形態ではポリプロピレン製とした。また、酸濃度連続測定装置本体3の内部に形成される循環流路2の一部は、できるだけエルボ等の流速低下部が少ないストレート状に形成してある。これにより、酸濃度連続測定装置本体3の内部において、酸洗液の流れが低下することによる詰まりの発生が可及的に抑制される。

【0049】さらに、循環流路2の一部を流れる酸洗液の流速は、密度計4、温度計5および導電率計6それぞれの測定精度を維持するために、2m/sec 以下であることが望ましい。本実施形態では、酸洗液の流速は1m/sec に設定した。

【0050】また、本実施形態では、密度計4には、二つの検出部4-1、4-2を有する公知の差圧センサ方式の密度計を用いた。二つの検出部4-1、4-2は、所望の密度測定精度を確保するために、循環流路2の一部の形成方向に関する距離 $d_1$ が少なくとも500mmとなるように離して、酸濃度連続測定装置本体3の長手方向略中央の胴部に設置される。

【0051】本実施形態では、温度計5には公知の白金抵抗体式の温度計を用いた。また、導電率計6にも公知の電磁誘導型の導電率計を用いた。温度計5および導電率計6は、ともに、循環流路2の一部の出側で測定を行うことができるように、酸濃度連続測定装置本体3の頭部に設置される。

【0052】なお、本実施形態では、温度計5および導電率計6は、いずれも、酸濃度連続測定装置本体3に設けた。これは、温度計5および導電率計6とともに密度計4の近傍に配置することにより、測定誤差を可及的に低減するためである。しかし、温度計5、導電率計6は、必ずしも酸濃度連続測定装置本体3に配置する必要はない。温度計5、導電率計6を、酸洗槽11の内部または、酸洗槽11と酸濃度連続測定装置本体3との間の循環流路2を構成する配管等に設置して、循環する酸洗液の温度、導電率を測定することとしてもよい。この場合、密度計4の設置部近傍における温度、導電率の値と、温度計5、導電率計6の設置部における測定データとの偏差を予め求めておき、これらの偏差を用いて温度計5、導電率計6の設置部における測定データを補正すればよい。これにより、温度計5および導電率計6を密度計4の近傍に配置しなくとも、測定誤差が可及的に低減される。

【0053】この酸濃度連続測定装置1は、後述する図4に示すように、本実施形態では、酸洗槽11の外壁面近傍に設置される。そして、酸濃度連続測定装置1は、酸洗槽11の近傍に設置したポンプ13により酸洗槽11に収容された酸洗液を一方向へ流す。これにより、酸濃度連続測定装置1は、連続的に酸洗液の密度、温度および導電率をいずれも測定することが可能である。

【0054】図2に示すように、酸濃度連続測定装置1には、密度計4の二つの検出部4-1、4-2へ酸洗液を導くための分流部8が不可避免的に形成される。この分流部8は、循環流路2の一部を構成するものの、酸洗液の流速が低下して塩化鉄結晶7が堆積して詰まり易い部分である。そこで、本実施形態では、詰まり防止機構としてパージ管9を分流部8に設置してある。パージ管9を介して詰まり易い部分へ向けて酸洗液を噴出する。これにより、詰まり易い部分における酸洗液の滞留が抑制され、酸洗液の詰まりが確実に防止される。

【0055】このように、本実施形態の酸濃度連続測定装置1で用いる密度計4、温度計5および導電率計6には、いずれも、高い使用実績を有する公知の工業計器を

使用する。このため、本実施形態の酸濃度連続測定装置 1 は、極めて高い精度で正確に、酸洗液の密度、温度および導電率を求めることができる。

【0056】また、本実施形態の酸濃度連続測定装置 1 には、密度計 4 により連続的に測定された密度と、温度計 5 により連続的に測定された温度と、導電率計 6 により連続的に測定された導電率とに基づいて、酸洗液の酸濃度を演算する演算装置 14 が設置される。この演算装置 14 により酸洗液の酸濃度が連続的に演算される。演算装置 14 による酸濃度の演算内容は、図 3 および図 4 を参照しながら後述する。

【0057】また、本実施形態の酸濃度連続測定装置 1 では、酸濃度連続測定装置本体 3 を筒形状単管式とする。このため、以下に列記する効果 (i) ~ (vii) が奏せられる。

【0058】(i) 循環流路 2 の形状をできるだけ直線状とし、またバージ管 9 を分流部 8 に設ける。このため、循環流路 2 内、特に密度計 4、温度計 5 および導電率計 6 それぞれの近傍における酸洗液の滞留が防止され、酸洗液を連続的に流すことができる。

【0059】(ii) 酸洗液は、循環流路 2 内を連続的に流れる。このため、循環流路 2 内における酸洗液の偏析が防止され、別々に採取した複数種の酸洗液をも同一条件で正確に測定することができる。

【0060】(iii) ポンプ 13 により酸洗液を常時流すとともに、流速低下部をできるだけ少なくした循環流路 2 の分流部 8 にバージ管 9 を設置する。このため、酸濃度連続測定装置本体 3 のメンテナンス性および内部洗浄性がいずれも著しく向上し、酸洗液の詰まりを解消しながら連続測定を行うことができる。

【0061】(iv) 酸洗液の密度、温度および導電率を連続的に測定するため、酸洗液の酸濃度を連続的に測定することができる。これにより、この酸濃度連続測定装置 1 を、例えば連続酸洗設備の最終槽およびその一つ上流側の酸洗槽にそれぞれ収容された酸洗液の酸濃度に関するフィードバック制御、または、フィードバック制御およびフィードフォワード制御と組合せることにより、最終槽およびその一つ上流側の酸洗槽にそれぞれ収容された酸洗液の酸濃度を、連続的かつ高精度で自動制御することが可能となる。

【0062】(v) 酸濃度連続測定装置 1 は、図 1 に示すように、極めて簡単な外部形状を有する。このため、例えば連続酸洗設備等への設置の自由度が高い。

【0063】(vi) 酸濃度連続測定装置 1 の内部は、図 1 に示すように、簡単な内部構造を有する。このため、循環流路 2 を流れる酸洗液の流速を、密度計 4、温度計 5 および導電率計 6 の測定精度の観点から望ましい流速である 2 m/sec 以下に、容易に設定・管理することができる。したがって、酸濃度連続測定装置 1 は、測定精度の維持が容易である。

【0064】(vii) 酸濃度連続測定装置 1 は簡単な構造であるため、酸洗槽の近傍に容易に設置することができる。このため、酸洗槽から酸洗液を分流させる循環流路 2 を構成する配管の長さを可及的短くすることができる。これにより、酸洗液が酸洗槽を出てから酸濃度連続測定装置 1 に到達して測定されるまでの間のタイムロス を可及的短縮することができる。このため、酸濃度連続測定装置 1 は、制御精度の低下を抑制できる。

【0065】次に、この酸濃度連続測定装置 1 を用いた、本実施形態の酸濃度自動制御装置を説明する。図 3 は、連続酸洗設備 12 へ適用した本実施形態の酸濃度自動制御装置 10 の制御系の一例を模式的に示す説明図である。また、図 4 は、本発明にかかる酸濃度自動制御装置 10 を構成する最終槽 11d の概略を示す説明図である。

【0066】この連続酸洗設備 12 では、酸洗槽を連続して 4 槽設けてある。第 4 槽 11d が最終槽である。第 4 槽 11d より上流側に第 3 槽 11c、第 2 槽 11b そして第 1 槽 11a が順次設けられている。酸洗処理される鋼帯（本例では熱延鋼帯）は、図示していないが、図面向かって右側から左側に向かって搬送される。これにより、鋼帯は、各槽 11a ~ 11d に順次浸漬されながら酸洗される。なお、図 3 および図 4 の説明では、第 1 槽 11a に付帯する設備には符号 a を付し、以下、第 2 槽 11b には符号 b を、第 3 槽 11c には符号 c を、第 4 槽 11d には符号 d をそれぞれ付すこととする。

【0067】この連続酸洗設備 12 の各酸洗槽 11a ~ 11d には、各酸洗槽 11a ~ 11d それぞれにおいて酸洗液の密度、温度および導電率を連続的に測定するために、ポンプ 13a ~ 13d を介して、前述した本実施形態の酸濃度連続測定装置 1a ~ 1d が接続される。酸洗液は、ポンプ 13a ~ 13d により各酸洗槽 11a ~ 11d から循環流路 2 を介して圧送される。圧送された酸洗液は、酸濃度連続測定装置 1a ~ 1d の内部に形成された循環流路 2a ~ 2d の一部を流れ、各酸洗槽 11a ~ 11d へ戻される。循環する酸洗液は、酸濃度連続測定装置 1a ~ 1d の内部に形成された循環流路 2a ~ 2d の一部を流れる間に、密度計 4a ~ 4d、温度計 5a ~ 5d および導電率計 6a ~ 6d により、密度、温度および導電率がそれぞれ連続的に測定される。

【0068】なお、図 3 および図 4 に示すように、循環流路 2 には、詰まり防止のための濾過装置は設けていない。本実施形態の酸濃度連続測定装置 1 では、循環流路 2 に詰まり防止のために濾過装置を設けなくとも、酸洗液の滞留に起因した詰まりは発生しない。したがって、詰まり防止のために濾過装置を循環流路 2 に設けると、却って、この濾過装置において詰まりが発生するおそれがある。

【0069】酸濃度連続測定装置 1a ~ 1d は、演算装置である DDC (直接デジタル制御) 装置 14 に接続される。この DDC 装置 14 からの制御信号が、第 3 槽 11c、最終槽 11d への酸液（塩酸）供給量を調整する弁機構 15c、15d の



開閉信号として独立して送られる。

【0070】このように、本実施形態の酸濃度自動制御装置10は、酸液の供給を最終槽である第4槽11dと第3槽11cとに対して行い、第1槽11aおよび第2槽11bへの酸液の供給は行わない。ただし、第4槽11dから第3槽11cへ、第3槽11cから第2槽11bへ、第2槽11bから第1槽11aへ、それぞれ酸洗液がオーバーフローする。このため、酸液を供給されない第1槽11aおよび第2槽11bの酸濃度は、上昇および低下を繰り返しながらも、略一定に保たれる。

【0071】本実施形態において、酸液を第4槽11dおよび第3槽11cに供給する理由は、以下の通りである。図5は、第1槽11a～第4槽11dそれぞれでの脱スケール率(%)の測定結果の一例を示すグラフである。なお、図5に示すグラフにおいては、脱スケール率は、酸洗槽を1m毎に区切ってその間での反応量を求め、求めた反応量を順次積算することにより、算出しており、第4槽11dにおける脱スケール率を100%として示している。

【0072】図5に示すグラフから、図3に示す連続酸洗設備12では、第3槽11cの脱スケール率が最も高いことがわかる。このため、本実施形態では、酸液を第4槽11dおよび第3槽11cに供給し、第1槽11a～第4槽11dそれぞれに収容された酸洗液の濃度変動をできるだけ抑制する。これにより、第1槽11a～第4槽11dそれぞれに収容された酸洗液の酸濃度を低く設定でき、また過供給を抑制できるために酸液の原単位を向上できる。

【0073】なお、この例は、脱スケール率が最も高い槽が第3槽11cである場合であるが、これに限定されるものではなく、脱スケール率が最も高い酸洗槽を含む複数の酸洗槽に酸液を供給すればよい。例えば、5槽の酸洗槽を有する連続酸洗設備であって第3槽の脱スケール率が最も高い場合には、第3槽と第5槽とに酸液を供給すればよい。

【0074】この本実施形態の酸濃度自動制御装置10では、酸濃度連続測定装置1a～1dにより連続的に得られた密度、温度および導電率それぞれに関する測定値は、信号データとしてDDC装置14へ送られる。DDC装置14は、送られたデータのうちで最終槽11dおよび第3槽11cそれぞれに関するデータに基づいて、後述するようにして、最終槽11dおよび第3槽11cそれぞれの酸濃度を演算する。

【0075】なお、第1槽11aおよび第2槽11bに関する酸濃度のデータは、本実施形態の酸濃度自動制御装置\*

$$SA = S - a(T - 25)$$

$$DA = D + b(T - 25)$$

$$\text{塩酸濃度} = c \{ d \{ e \cdot SA + f \cdot SA(DA - 1) \} - g \{ h \cdot SA + i \cdot SA(DA - 1) \} + j \} + k \dots \textcircled{3}$$

$$\text{塩化鉄濃度} = m(n \cdot DA - SA) - p \dots \textcircled{4}$$

ただし、Sは導電率実測値を、Tは温度実測値を、SAは導電率温度補正値を、DAは密度実測値を、符号a～

\*10ではフィードフォワード制御を行うために用いられる。このフィードフォワード制御については後述する。

【0076】DDC装置14は、演算された最終槽11dおよび第3槽11cそれぞれの酸洗液の酸濃度と、予め決められた最終槽11dおよび第3槽11cそれぞれの酸濃度の目標値とを比較する。そして、DDC装置14は、測定値と目標値との偏差をゼロにするべく、最終槽11dおよび第3槽11cそれぞれへの酸液の供給量を演算する。演算された酸液の供給量は、DDC装置14から、給酸量制御信号として弁機構15d、15cの開閉機構へ個別に送られる。これにより、弁機構15d、15cの開閉が個別に制御され、最終槽11dおよび第3槽11cそれぞれへの酸液の供給量が個別に変更される。このようにして、最終槽11dおよび第3槽11cそれぞれの酸濃度がフィードバック制御される。

【0077】すなわち、図4において、本実施形態の酸濃度自動制御装置10は、最終槽11dと、最終槽11dへの酸液供給系15と、演算器(データ処理用コンピュータ)14を有する酸濃度連続測定装置1dとから構成される。そして、最終槽11dの酸濃度は、酸濃度連続測定装置1dによって連続的に測定される酸洗液の密度、温度および導電率のデータに基づいて、演算器14によって算出される。なお、図4における廃酸タンク16は、第1酸洗槽11aからオーバーフローする廃酸を処理するためのタンクであり、本実施形態では第1酸洗槽11aに直接接続されている。

【0078】図6(a)、図6(b)は、それぞれ、塩酸濃度、塩化鉄濃度の調整値とそれぞれの計算値との関係を示す検量線に関するグラフである。図6(a)における横軸B<sub>1</sub>は塩酸濃度調整値を示し、縦軸C<sub>1</sub>は塩酸濃度計量値を示す。また、図6(b)における横軸B<sub>2</sub>は塩化鉄濃度調整値を示し、縦軸C<sub>2</sub>は塩化鉄濃度計量値を示す。検量線に関するこのグラフを予め作成してDDC装置14に記憶させておくことにより、DDC装置14により、塩酸濃度、塩化鉄濃度の調整値を容易に求めることができる。

【0079】図7は、密度計4d、温度計5dおよび導電率計6dにより得られた測定値の処理の概要を示す説明図である。同図に示すように、密度計4d、温度計5dおよび導電率計6dの測定結果は、図4におけるアンプ盤(変換盤)18を介して、アナログ信号で演算機14へ入力される。

【0080】演算機14により塩酸濃度および塩化鉄濃度が演算される際の算出式は、例えば、次の通りである。

$$\dots \textcircled{1}$$

$$\dots \textcircled{2}$$

$$\dots \textcircled{3}$$

$$\dots \textcircled{4}$$

ただし、Sは導電率実測値を、Tは温度実測値を、SAは導電率温度補正値を、DAは密度実測値を、符号a～

pは定数を、それぞれ示す。

【0081】このように連続的に測定した密度、温度および導電率の値を上記の関係式①～④に代入することにより、各酸洗槽11a～11dにおいて連続的に塩化鉄濃度、塩酸濃度が求められる。本実施形態では、最終槽11dおよび第3槽11cに関する測定値から、最終槽11dおよび第3槽11cそれぞれの塩酸濃度が連続的に求められる。

【0082】そして、このようにして得られた塩酸濃度と目標とする塩酸濃度との偏差をゼロにするために、塩酸供給系15に酸液の供給量を決定する制御信号が出力される。このようにして、本実施形態の酸濃度自動制御装置10では、最終槽11dおよび第3槽11cそれぞれの密度、温度および導電率それぞれの実測値から酸洗液の酸濃度を連続的に求め、求めた酸濃度を目標値に一致させるべく、最終槽11dおよび第3槽11cそれぞれの酸濃度をフィードバック制御する。

【0083】すなわち、本実施形態の酸濃度自動制御装置10の第1の特徴は、最終槽11dおよび第3槽11cに対して行う酸液の供給量の最適化を図るために、酸濃度連続測定装置1d、1cと、最終槽11dおよび第3槽11cそれぞれに関する酸液の供給量のフィードバック制御とを組み合わせる点にある。これにより、酸濃度の連続的な測定値、すなわち測定間隔が極めて小さく、略連続した酸濃度の測定値を用いて、最終槽11dおよび第3槽11cそれぞれに対する酸液の供給量をフィードバック制御することができる。このため、本実施形態の酸濃度自動制御装置10によれば、酸濃度制御の応答性を顕著に向上することができる。これにより、酸濃度の変動量を小さくできるために、酸濃度の高濃度側へのばらつきを小さく抑制でき、酸原単位の上昇を可及的に抑制することが可能となる。

【0084】さらに、本実施形態の酸濃度自動制御装置10では、酸濃度制御の応答性をさらに向上させるために、最終槽11dおよび第3槽11c以外の酸洗槽11a、11bに関する測定データを用いて、最終槽11dおよび第3槽11cそれぞれの酸洗液の酸濃度をフィードフォワード制御する。以下、このフィードフォワード制御について説明する。

【0085】図3において、最終槽11dおよび第3槽11c以外の酸洗槽11a、11bにそれぞれ設けた酸濃度連続測定装置1a、1bにより、酸洗槽11a、11bに収容された酸洗液の酸濃度が連続的に測定される。酸濃度連続測定装置1a、1bによる測定は、酸濃度連続測定装置1c、1dによる測定と同じである。

【0086】酸濃度連続測定装置1a、1bによる測定結果に基づいて、酸洗槽11a、11bにおける単位時間当たりの酸消費量の実績値が求められる。そこで、各酸洗槽11a、11bにおける単位時間当たりの酸消費量の実績値に基づいて、最終槽11dおよび第3槽11cそれぞれにお

る単位時間当たりの酸消費量を予測する。

【0087】すなわち、各酸洗槽11a、11bにおける単位時間当たりの酸消費量は、ストリップ持ち出し量によって急激に変動する。このストリップ持ち出し量は、通板される鋼板の板厚、板幅およびラインスピードに略比例する。このため、酸濃度連続測定装置1a、1cにより酸洗槽11a、11bにおける酸濃度の変化を連続的に測定しておくことにより、最終槽11dおよび第3槽11cにおける酸濃度の変化、すなわち酸消費量を高精度で予測することができる。

【0088】すなわち、図4において、前述したフィードバック制御を行う際に、連続酸洗設備プロセスコンピュータ20には、板厚、板幅およびラインスピードの実績値が入力される。このため、これらのデータをDDC装置19へ取り込めるように、連続酸洗設備プロセスコンピュータ20を接続しておく。

【0089】つまり、演算装置14によりフィードバック制御によって演算された酸液の供給量をDDC装置19へ入力する。また、連続酸洗設備プロセスコンピュータ20からの板厚、板幅およびラインスピードそれぞれに関する実績値と、演算装置14により演算された酸洗槽11a、11bにおける酸濃度の変化とをDDC装置19へ入力する。そして、DDC装置19により、酸洗槽11a、11bにおける酸濃度の低下率に基づいて最終槽11dおよび第3槽11cにおける酸消費量を予測し、フィードバック制御により演算された酸液の供給量を、フィードフォワード制御により、さらに補正・変更する。

【0090】板厚、板幅およびラインスピードの実績値から塩酸濃度の低下分を予測するには、例えば次のようにして行えばよい。図3および図4において、酸洗槽11a、11bの塩酸濃度は、前述の③式および④式を用いることにより求められる。このようにして求めた塩酸濃度に、図6(a)および図6(b)に示した、板厚、板幅およびラインスピードを関数として予め求めてある相関関係式(検量線)により、塩酸消費量、つまり低下分を予測する。ここで、フィードフォワード制御関数FFは、例えば下記⑤式により、求められる。

【0091】

$$FF = K_F \cdot W \cdot f(d) \cdot g(Ls) \dots\dots\dots ⑤$$

ただし、⑤式において、 $K_F$ は濃度変動係数を、 $W$ は板幅を、 $f(d)$ は板厚を、さらに $g(Ls)$ はラインスピードを、それぞれ示す。

【0092】すなわち、フィードバック制御による加算および減算により、最終槽における酸濃度の目標値に対しての偏差を抑制する。さらに、フィードバック制御により求められた酸液の供給量を、フィードフォワード制御による乗算および加算により酸液の供給量を予測的に導き出すことにより、補正する。これにより、最終槽11dおよび第3槽11cそれぞれに対する塩酸供給量を、極めて高精度で制御することができる。

【0093】このようにして、酸洗槽11a、11bにおける酸消費量の実績値に基づいて、最終槽11dおよび第3槽11cにおける酸液の供給量を変更するフィードフォワード制御を、前述したフィードバック制御に重畳させて、行う。これにより、最終槽11dおよび第3槽11cそれぞれの酸濃度だけを用いるフィードバック制御だけでは迅速に応答できない、ストリップ持ち出しによる最終槽11dおよび第3槽11cの酸濃度の急激な低下に対しても、極めて少ないタイムラグで酸濃度を高精度で制御することができる。

【0094】以上説明したように、本実施形態の酸濃度自動制御装置10によれば、酸濃度連続測定装置1d、1cと、最終槽11dおよび第3槽11cの酸濃度の連続測定値を用いるフィードバック制御手段とを組み合わせる。このため、酸液を供給される酸洗槽である最終槽11dおよび第3槽11cそれぞれに対する酸液の供給量を連続的に求めることができ、最終槽11dおよび第3槽11cそれぞれの酸濃度を目標値に迅速かつ高精度で制御することができる。

【0095】さらに、酸洗槽11a、11bの酸濃度の変動値を用いて最終槽11dおよび第3槽11cそれぞれの酸消費量を予測するフィードフォワード制御を重畳させることにより、ストリップ持ち出しによる最終槽11dおよび第3槽11cそれぞれの酸濃度の急激な低下に対しても迅速に応答して、適正な酸液の供給量を求めることができる。

【0096】このように、本実施形態の酸濃度自動制御装置10では、(i)連続酸洗設備12を構成する最終槽11d、第3槽11cのそれぞれにおいて酸洗液の密度、温度および導電率を連続的に測定する酸濃度連続測定装置1d、1cと、(ii)得られた測定値から求めたそれらの値の相関関係式に基づき最終槽11dおよび第3槽11cにおける塩酸濃度および塩化鉄濃度、つまり鉄イオン濃度を導き出し、それらの結果を連続的に出力して、最終槽11dおよび第3槽11cそれぞれの塩酸濃度値と目標値との比較を行い、その差異がゼロとなるように最終槽11dおよび第3槽11cそれぞれへの酸液の供給量を変更するフィードバック制御手段と、(iii)板厚、板幅およびラインスピードと、酸洗槽11a、11bの塩酸および塩化鉄の各濃度測定結果とを用いて酸洗槽11a、11bにおける酸消費量を求め、これに基づいて最終槽11dおよび第3槽11cそれぞれの酸液の供給量を変更するフィードフォワード制御手段とを組み合わせる。このため、最終槽11dおよび第3槽11cにおける酸液の供給量の自動制御における酸濃度制御の応答遅れや精度低下を、いずれも解消できる。

【0097】(第2実施形態)図8(a)は、下流側の酸洗槽に収容された酸洗液を上流側に隣接する酸洗槽へ順次オーバーフローさせる型の連続酸洗設備21の説明図である。また、図8(b)は、本実施形態の酸濃度自動制御装

置22を連続酸洗設備21に適用した状況を示す説明図である。

【0098】図8(a)に示すように、この連続酸洗設備21では、酸洗槽を連続して5槽設けてある。この連続酸洗設備21では第5槽21eが最終槽となる。第5槽21eより上流側に第4槽21d、第3槽21c、第2槽21bそして第1槽21aが順次設けられる。図示するように、酸洗処理される鋼帯23(本例では熱延鋼帯)は図面向かって右側から左側に向かって搬送される。鋼帯23は、各槽21a~21eに順次浸漬されながら酸洗される。なお、図8(a)および図8(b)の説明では、第1槽21aに付帯する設備には符号aを付し、以下、第2槽21bには符号bを、第3槽21cには符号cを、第4槽21dには符号dを、さらに第5槽(最終槽)21eには符号eを、それぞれ付すこととする。

【0099】図8(b)に示すように、この連続酸洗設備21の各酸洗槽21a~21eには、各酸洗槽21a~21eそれぞれにおいて酸洗液の密度、温度および導電率を連続的に測定するために、図示しない5基のポンプをそれぞれ介して、前述した図1および図2に示す酸濃度連続測定装置1a~1eが接続される。酸洗液は、5基のポンプにより各酸洗槽21a~21eから圧送される。圧送される酸洗液は、循環流路2を介して、酸濃度連続測定装置1a~1eの内部に形成された循環流路2a~2eの一部を流れて各酸洗槽21a~21eへ循環する。酸洗液は、循環流路2a~2eの一部を流れる間に、密度計4a~4e、温度計5a~5eおよび導電率計6a~6eにより、密度、温度および導電率がそれぞれ連続的に測定される。

【0100】酸濃度連続測定装置1a~1eは、演算装置であるDDC(直接デジタル制御)装置24に接続される。このDDC装置24からの制御信号は、最終槽21eおよび第4槽21dそれぞれへの酸液の供給量を調整する弁機構25e、25dの開閉信号として送られる。

【0101】このように、本実施形態の酸濃度自動制御装置22では、酸液の供給を最終槽である第5槽21eおよび第4槽21dに対して行い、第1槽21a~第3槽21cへの酸供給は行わない。ただし、この連続酸洗設備21では、第5槽21eから第4槽21dへ、第4槽21dから第3槽21cへ、第3槽21cから第2槽21bへ、第2槽21bから第1槽21aへ、それぞれ酸洗液がオーバーフローする。このため、酸濃度自動制御装置22の各酸洗槽21a~21cの酸濃度は、上昇および低下を繰り返しながらも、略一定に保たれる。

【0102】この本実施形態の酸濃度自動制御装置22では、酸濃度連続測定装置1a~1eにより連続的に得られた密度、温度および導電率それぞれに関する測定値は、信号データとしてDDC装置24へ送られる。DDC装置24は、送られたデータのうちで最終槽21eおよび第4槽21dに関するデータに基づいて、後述するようにして、最終槽21eおよび第4槽21dそれぞれの酸濃度を算出する。

【0103】DDC 装置24は、算出された最終槽21e および第4槽21d それぞれの酸濃度値と、予め決められたそれぞれの目標値とを比較する。そして、DDC 装置24は、最終槽21e および第4槽21d それぞれへの酸液の供給量を演算する。

【0104】図9は、DDC 装置24における酸液の供給量の決定演算の流れを示すフロー図である。以下、図9に示すフロー図を参照しながら、DDC 装置24における酸液の供給量の決定演算の流れを説明する。

【0105】ステップ（以下、「S」と記す。）1において、DDC 装置24が起動されてフィードバック制御が開始される。DDC 装置24の起動後にS2へ移行する。S2において、酸濃度連続測定装置1a～1eそれぞれにより、各酸洗槽21a～21e に収容された酸洗液の密度、温度および導電率がそれぞれ連続的に測定される。測定完了後にS3へ移行する。

【0106】S3において、酸濃度連続測定装置1a～1eそれぞれにより連続的に測定された酸洗液の密度、温度および導電率に基づき、前述した①式～③式を用いて、各酸洗槽21a～21e に収容された酸洗液の酸濃度が演算される。酸濃度の演算後にS4へ移行する。

【0107】S4において、1回目の濃度測定結果の判定が行われる。すなわち、①最終槽である第5槽21e の酸濃度の演算値C5が、第5槽21e の酸濃度の管理下限値C5<sub>lim</sub> より小さく、かつ②第4槽21d の酸濃度の演算値C4が、第4槽21d の酸濃度の管理下限値C4<sub>lim</sub> より小さいか、否かが判定される。小さい場合にはS5へ移行し、小さくない場合にはS6へ移行する。

【0108】S5において、弁機構25e からの第5槽21e への酸液の供給量と、弁機構25dからの第4槽21d への酸液の供給量とを、いずれも、WからW+ $\delta W$ （ただし、 $\delta W$ は酸供給量の補正值を示す。）へと増加し、S2へ移行する。

【0109】S6において、2回目の濃度測定結果の判定が行われる。すなわち、①最終槽である第5槽21e の酸濃度の演算値C5が、第5槽21e の酸濃度の管理上限値C5<sub>lim</sub> より大きく、かつ②第4槽21d の酸濃度の演算値C4が、第4槽21d の酸濃度の管理上限値C4<sub>lim</sub> より大きい、否かが判定される。大きい場合にはS7へ移行し、大きくない場合にはS8へ移行する。

【0110】S7において、弁機構25e からの第5槽21e への酸液の供給量と、弁機構25dからの第4槽21d への酸液の供給量とを、いずれも、WからW- $\delta W$ （ただし、 $\delta W$ は酸供給量の補正值を示す。）へと減少し、S2へ移行する。S8において、弁機構25からの第5槽21e および第4槽21d への酸供給量がWとして決定される。この後、S2へ進み、以降S2～S8を繰り返す。

【0111】このように、DDC 装置24における酸液の供給量の決定演算では、酸濃度連続測定装置1d、1eそれぞ

れによる酸濃度の測定結果を、第4槽21d および第5槽21eそれぞれについて予め設定した管理上限値および管理下限値と比較する。

【0112】酸濃度連続測定装置1d、1eそれぞれによる酸濃度の測定結果がともに管理下限値を下回る場合には、予め設定してある酸液の供給量Wに補正值 $\delta W$ を上乘せする。一方、測定結果がともに管理上限値を上回る場合には、逆に補正值 $\delta W$ を差し引く。これにより、弁機構25からの第5槽21e および第4槽21d それぞれへの酸液の供給量に変更され、供給される酸液の流量が変わる。

【0113】演算された酸液の供給量Wは、DDC装置14から、給酸量制御信号として弁機構15c、15d の開閉機構に送られて、弁機構15c、15d の開閉を制御する。これにより、最終槽11d および第4槽11d それぞれへの酸液の供給量に変更されて、フィードバック制御が行われる。このため、酸濃度の測定値を用いた第5槽21e および第4槽21d 以外の第3槽21c～第1槽21a についても酸濃度が安定化し、全体の酸濃度も低下する。

【0114】このようにして、本実施形態によれば、各酸洗槽21a～21e に収容された酸洗液の酸濃度の測定結果を、酸液の供給量の決定に連続的にフィードバックさせることができる。

【0115】さらに、本実施形態では、最終槽である第5槽21e のみならず、第5槽21e に隣接する第4槽21d の酸濃度もフィードバック制御する。このため、第5槽21eの酸濃度の測定結果だけを用いた場合に比較すると、より安定的に各酸洗槽21a～21e の酸濃度を自動制御することができる。

【0116】このようにして、本実施形態の酸濃度自動制御装置22では、最終槽21e および第4槽21d それぞれにおける酸洗液の密度、温度および導電率それぞれの実測値から酸濃度を連続的に求め、求めた酸濃度を目標値に一致させるべく、最終槽21e および第4槽21d それぞれへの酸液の供給量のフィードバック制御を行う。

【0117】すなわち、本実施形態の酸濃度自動制御装置22の特徴は、第5槽21e および第4槽21d それぞれに対して行う酸液の供給量をさらに最適化するため、酸濃度連続測定装置1e、1dによる第5槽21e および第4槽21d それぞれに対する酸濃度の連続測定と、第5槽21e および第4槽21d に関する酸液の供給量のフィードバック制御とを組み合わせ用いる点である。これにより、酸濃度の連続的な測定値、すなわち測定間隔が極めて短く、略連続した酸濃度の測定値を用いて、最終槽21e および第4槽21d の酸洗液の酸濃度をフィードバック制御することができ、酸濃度制御の応答性を顕著に向上することができる。また、これにより、酸濃度の変動量を小さくできるために、酸濃度の高濃度側へのばらつきを小さくでき、酸原単位の上昇を可及的に抑制することが可能となる。

【0118】なお、図9に示す酸液の供給量の決定演算のS4およびS6において、第5槽21eおよび第4槽21dそれぞれの濃度区分をさらに細分化して判定してもよい。また、前述した第1実施形態と同様に、酸液の供給量Wを決定する際に、酸洗ラインを管理するプロセスコンピュータ等から、予め今後処理される鋼帯の情報に基づいてフィードフォワード制御を行うことにより、酸液の供給量をさらに変更することも可能である。

【0119】さらに、本実施形態において、第1槽21a～第3槽21cそれぞれからの測定値を用いた演算値を、同様に組み合わせてフィードバック制御を行ってもよい。ただし、下流側の酸洗槽に収容された酸洗液を上流側に隣接する酸洗槽へ順次オーバーフローさせるとともに最終槽に酸液を供給する場合、酸液の供給量による濃度コントロールは第4槽21dと比較すると、第1槽21a～第3槽21cでは非常に困難であるためにフィードバック制御に用いる意義は薄い。そのため、第1槽21a～第3槽21cには、酸濃度連続測定装置1a～1cを設けなくともよい。

【0120】(第3実施形態)図10は、本実施形態の酸濃度連続測定装置の内部構造を示す説明図であり、図中の破線矢印は酸洗液の流れを示す。なお、以降の本実施形態の説明では、第1実施形態と相違する部分だけを説明することとし、同一の構成部分には同一の図中符号を付すことにより、重複する説明を省略する。

【0121】本実施形態の酸濃度連続測定装置1-1が、第1実施形態の酸濃度連続測定装置1と相違するのは、主に、酸濃度連続測定装置本体3-1の内部に形成された循環流路2-1の一部の構造である。

【0122】図10に示すように、本実施形態の酸濃度連続測定装置1-1の酸濃度連続測定装置本体3-1の内部では、循環流路2-1の上部が、排出用配管2'と略同じ高さ位置に形成されている。これにより、ポンプ13により圧送されてきた酸洗液は、図中の破線矢印で示すように、酸濃度連続測定装置本体3-1の内部における最上部付近において、一旦オーバーフローしてから、排出用配管2'へ導かれる。

【0123】このため、本実施形態の酸濃度連続測定装置1-1では、循環流路2-1を流れる酸洗液の流速を、密度計4、温度計5および導電率計6の測定精度の観点から望ましい流速である2m/sec以下に、容易に設定・管理することができる。したがって、本実施形態の酸濃度連続測定装置1-1は、第1実施形態の酸濃度連続測定装置1-1よりも、さらに測定精度の向上を図ることができる。

【0124】なお、本実施形態の酸濃度連続測定装置1-1では、分流部8には、酸洗液の流通方向と直交する方向(図10における左右方向)に関する分流部8の突出量d2を、できるだけ小さく設定してある。これにより、分流部8における酸洗液の滞留が抑制され、酸洗液

の詰まりが確実に防止される。したがって、本実施形態では、第1実施形態で設けたパージ管9は設けていない。

【0125】(第4実施形態)図11は、本実施形態の酸濃度自動制御装置32を、連続酸洗設備31に適用した状況を示す説明図である。

【0126】図11に示すように、この連続酸洗設備31では、酸洗槽を連続して4槽設けてある。この連続酸洗設備31では第4槽31dが最終槽となる。第4槽31dより上流側に第3槽31c、第2槽31bそして第1槽31aが順次設けられる。図示するように、酸洗処理される鋼帯33(本例では熱延鋼帯)は図面向かって右側から左側に向かって搬送される。鋼帯33は、各槽31a～31dに順次浸漬されながら酸洗される。

【0127】また、この連続酸洗設備31は、循環槽34を備える。第1槽31aからオーバーフローした酸洗液は循環槽34に一旦送られ、ポンプ35により、循環槽34から酸洗槽31aへ狙いの濃度に調整するための量の酸液が、第1槽31aに循環される。そして、第1槽31aに送られてくる鋼帯33の表面に向けてスプレーされる。

【0128】図11に示すように、この連続酸洗設備31の各酸洗槽31a～31dには、各酸洗槽31a～31dそれぞれにおいて酸洗液の密度、温度および導電率を連続的に測定するために、図示しない4基のポンプをそれぞれ介して、前述した図1および図2に示す酸濃度連続測定装置1a～1dが接続される。酸洗液は、4基のポンプにより各酸洗槽31a～31dから圧送される。圧送される酸洗液は、循環流路2a～2dを介して、酸濃度連続測定装置1a～1dの内部に形成された循環流路2a～2dの一部を流れて各酸洗槽31a～31dへ循環する。酸洗液は、循環流路2a～2dの一部を流れる間に、密度計4a～4d、温度計5a～5dおよび導電率計6a～6dにより、密度、温度および導電率がそれぞれ連続的に測定される。

【0129】酸濃度連続測定装置1a～1dは、演算装置であるDDC(直接デジタル制御)装置36に接続される。このDDC装置36からの制御信号は、最終槽31dおよび循環槽34それぞれへの酸液の供給量を調整する弁機構37の開閉信号として送られる。

【0130】このように、本実施形態の酸濃度自動制御装置32では、酸液の供給を最終槽である第4槽31dに対して行い、第1槽31a～第3槽31cへの酸供給は行わない。ただし、この連続酸洗設備31では、第4槽31dから第3槽31cへ、第3槽31cから第2槽31bへ、第2槽31bから第1槽31aへ、それぞれ酸洗液がオーバーフローする。このため、酸濃度自動制御装置32の各酸洗槽31a～31dの酸濃度は、上昇および低下を繰り返しながらも、略一定に保たれる。

【0131】なお、第1実施形態および第2実施形態と同様に、第4槽31d以外の他の酸洗槽31a～31cの少なくとも一つの酸洗槽に対しても、酸液の供給を行うよう

10

20

30

40

50



にしてもよい。これにより、各酸洗槽31a～31dに収容された酸洗液の酸濃度をより高精度で制御することができる。

【0132】この本実施形態の酸濃度自動制御装置32では、酸濃度連続測定装置1a～1dにより連続的に得られた密度、温度および導電率それぞれに関する測定値は、信号データとしてDDC装置36へ送られる。DDC装置36は、送られたデータのうちで最終槽31dに関するデータに基づいて、後述するようにして、最終槽31dの酸濃度を算出する。

【0133】DDC装置36は、算出された最終槽31dの酸濃度値と、予め決められた目標値とを比較する。そして、DDC装置36は、最終槽31dそれぞれへの酸液の供給量を演算する。

【0134】また、本実施形態では、循環槽34にも酸濃度連続測定装置1eが設けられており、循環槽34に収容された酸洗液の酸濃度が連続的に測定される。測定値は、DDC装置36へ送られる。このDDC装置36からの制御信号は、循環槽34への酸液の供給量を調整する弁機構37の開閉信号として送られる。

【0135】本実施形態の酸濃度自動制御装置32は、以上のように構成される。図12は、DDC装置36による酸液の供給量の決定演算の流れを示すフロー図である。以下、図12に示すフロー図を参照しながら、酸液の供給量の決定演算の流れを説明する。

【0136】ステップ（以下、「S」と記す。）1において、DDC装置36が起動され、酸洗槽31dに収容された酸洗液の酸濃度の目標濃度（狙いの濃度）が、酸濃度連続測定装置1dにより測定された、酸洗槽31dに収容された酸洗液の酸濃度（ラインタンク濃度）よりも大きいか、否かが判定される。大きい場合にはS2に移行し、大きくない場合にはS3に移行する。

【0137】S2において、狙いの濃度とラインタンク濃度との偏差を0にするべく、酸洗槽31dへの酸液の供給量が決定され、S4に移行する。S4において、決定された酸洗槽31dへの酸液の供給量に基づいて、循環槽34に収容された酸洗液の酸濃度が決定され、S6とS8へと移行する。

【0138】一方、S3において、循環槽34へ純水を投入する（手段A）か、または循環槽34への酸液の投入を停止する（手段B）ことにより、循環槽34に収容された酸洗液の酸濃度を低下させることが決定され、さらに、S5において、手段Aおよび手段Bのいずれを採用するかが、決定される。そして、手段Aおよび手段Bのいずれが決定されたかがS4に入力され、循環槽34に収容された酸洗液の酸濃度の決定に用いられる。

【0139】S6において、酸洗槽31dに収容された酸洗液の酸濃度と、循環槽34に収容された酸洗液の酸濃度との偏差が求められる。すなわち、酸洗槽31dに収容された酸洗液の酸濃度が、循環槽34に収容された酸洗液の

酸濃度の決定にフィードバックされる。そして、S7に移行する。

【0140】S7において、S6において求められた循環槽34に収容された酸洗液の酸濃度とともに、ラインスピード、鋼帯寸法、鋼帯材質さらには酸洗液温度等の操業条件が入力される。そして、これらの因子は、S2にフィードフォワードされて酸洗槽31dへの酸液の供給量の決定に用いられるとともに、S3にフィードフォワードされて循環槽34に収容された酸洗液の酸濃度の低下を決定することに、それぞれ用いられる。

【0141】S8において、酸洗槽31dに収容された酸洗液の酸濃度が測定され、S1に移行する。以下、このS1～S8を繰り返す。このように、本実施形態では、酸液の供給量の決定演算では、連続的に最終槽31dに収容された酸洗液の酸濃度の連続測定値をフィードバックすることにより、循環槽34に収容された酸洗液の酸濃度を設定し、次いでこの循環槽34に収容された酸洗液の酸濃度を連続的に測定し、さらにラインスピード、鋼帯材質さらには鋼帯寸法等の操業条件とともに、最終槽31dへフィードフォワード制御を行う。より具体的に説明すると、本実施形態によれば、連続酸洗設備を構成する酸洗槽31a～31dのうちの少なくとも酸液を供給される最終槽31dと循環槽34とにそれぞれ酸濃度連続測定装置1d、1eを設置し、酸濃度連続測定装置1d、1eにより得られる演算値に基づいて、最終槽31dおよび循環槽34とにそれぞれ収容される酸洗液の酸濃度を、フィードバック制御およびフィードフォワード制御する。

【0142】これにより、最終槽31dに収容された酸洗液の酸濃度制御の応答性を顕著に向上することができる。また、これにより、酸濃度の変動量を小さくできるために、酸濃度の高濃度側へのばらつきを小さくでき、酸原単位の上昇を可及的に抑制することが可能となる。

【0143】また、本実施形態によれば、これまで即応性を要する測定が困難であった最終槽31dの酸洗スプレー部の近傍における塩酸濃度や、酸洗槽31dの入側とスプレー部の近傍での微妙な濃度差等を、短時間でかつ精度よく、常時連続的に測定することができる。このため、循環槽を有する連続酸洗設備の酸濃度制御の応答性を向上し、酸洗品質の向上と酸洗コストの低減とを、ともに図ることができる。

【0144】

【実施例】さらに、本発明を実施例を参照しながらより詳細に説明する。

（実施例1）図1～図7に示す連続酸洗設備12の各酸洗槽11a～11dに、図1に示す酸濃度連続測定装置1a～1dを設置した。また、酸濃度連続測定装置1a～1dから出力される測定値を演算器14により、塩酸濃度および塩化鉄濃度に変換するとともに、DDC装置19からの信号により、酸液（塩酸）の供給量のフィードバック制御およびフィードフォワード制御を行った。このようにして、連



続酸洗設備12の最終槽11d および第3槽11d それぞれにおける酸洗液の酸濃度を管理した。

【0145】すなわち、最終槽11d および第3槽11c それぞれの濃度値でのフィードバック制御と、酸洗される鋼帯の板厚、板幅およびライン速度と酸洗槽11a、11bにおける酸濃度の変化率とを加味したフィードフォワード制御とを組み合わせ、最終槽11d および第3槽11c それぞれにおける酸液の供給量を連続的かつ自動で制御した。

【0146】なお、図1に示すように、本実施例においても、酸濃度連続測定装置1a~1dは、実績のある市販の密度計4a~4d、温度計5a~5dおよび導電率計6a~6dを内蔵した。これにより、ポリプロピレン製の酸濃度連続測定装置本体3a~3dに内蔵された循環流路2a~2dを流れる酸洗液の密度、温度および導電率を、連続的に測定した。

【0147】本実施例では、各センサーで測定した結果を、図6(a)および図6(b)に示す塩酸濃度および塩化鉄濃度それぞれの相関関係式(検量線)を用いて、演算器20により連続的に常時出力するように構成した。

【0148】また、図4に示すように、酸濃度連続測定装置1a~1dは、酸洗槽11a~11dの側壁近傍に設置した。そして、ポンプ13a~13dにより酸洗液を一方向へ連続的に1m/secの流速で流すことにより配管詰まりを抑制した。さらに図2に示すように、密度計4a~4dへの分流部8a~8dにパージ管9a~9dを設置して、詰まり易い分流部8a~8dを定期的に洗浄した。

【0149】さらに、図4に示したとおり各酸洗槽11a~11dの側壁近傍に酸濃度連続測定装置1a~1dを設置して一方向に酸洗液を流した。これにより、酸洗液の配管内での詰まりを防止した。また、洗浄性およびメンテナンス性を考え、できるだけ簡単な配管機構とした。なお、本実施例では、図3および図4に示すように、各配管には、詰まり防止のために濾過装置は設けなかった。

【0150】図13は、第4槽11dに収容された酸洗液の酸濃度の目標値が16%であって第3槽11cには酸液を供給しない比較例における酸濃度の経時的な変化の結果を示すグラフである。また、図14は、第4槽11dに収容された酸洗液の酸濃度の目標値が15.5%であって第3槽11cに収容された酸洗液の酸濃度の目標値が11%である場合の本発明例の結果を示すグラフである。

【0151】図13にグラフで示すように、比較例では、第4槽11dで酸濃度が $\pm 0.5\%$ 変動し、第3槽11cでは酸濃度が $\pm 1\%$ 変動した。このため、第4槽11dへの酸液の供給量は、最大 $6\text{ m}^3/\text{Hr}$ から最小 $0\text{ m}^3/\text{Hr}$ の範囲で大きく変動した。

【0152】これに対し、図14にグラフで示すように、本発明例によれば、第4槽11d および第3槽11c それぞれの酸濃度の変動量を、いずれも $\pm 0.5\%$ に抑制できた。このため、第4槽11d および第3槽11c それぞれへ

の酸液の供給量を、比較例よりも低減できた。

【0153】図15は、比較例および本発明例それぞれについての酸原単位を示すグラフである。図15にグラフで示すように、本発明例により、酸原単位を比較例よりも約15%向上することができた。

【0154】このように、本発明例によれば、連続的に測定された酸濃度に基づいて酸液の供給を連続してアナログ的に行うことができる。このため、酸液の過剰な供給を防ぎ、かつ酸液の供給不足による未処理を完全に防ぐことができた。これにより、各酸洗槽の酸濃度を所望の設定値により近づけて、その変動を、可及的に抑制することができた。

【0155】(実施例2) 図11および図12に示す本発明例の連続酸洗設備31と、この本発明例の連続酸洗設備31から酸濃度連続測定装置1a~1eを取り除いた従来例の連続酸洗設備とを用いて、鋼帯の酸洗を行った。

【0156】図16は、従来例の連続酸洗設備による酸濃度の変動状況の一例を示すグラフであり、図17は、本発明例の連続酸洗設備31による酸濃度の変動状況の一例を示すグラフである。いずれも、最終槽31dに収容された酸洗液の酸濃度を示す。

【0157】図16および図17を対比することにより、本発明例によれば、従来例よりも、酸液の供給ピッチが縮小するとともに、1回の酸液の供給量が著しく低減されたことがわかる。

【0158】これにより、本発明例によれば、目標値である設定酸濃度 $a(\%)$ に対する変動量が低減され、酸原単位が改善されたことがわかる。また、酸洗槽31dに収容された酸洗液の酸濃度が、設定酸濃度 $a(\%)$ を大きく下回ることがなくなり、酸洗不良の発生率も低減され、酸洗品質も向上したことがわかる。

【0159】

【変形形態】以上説明した各実施形態および各実施例の説明は、酸洗液が塩酸である場合を例にとった。しかし、本発明はかかる態様に限定されるものではない。本発明は、硫酸等の他の酸洗液についても等しく適用することができる。

【0160】また、各実施形態および各実施例の説明は、酸洗処理される鋼帯が熱延鋼帯である場合を例にとった。しかし、本発明はかかる態様に限定されるものではない。本発明は、冷延鋼帯についても等しく適用することができる。

【0161】また、各実施形態および各実施例の説明は、流路が、本発明の酸濃度連続測定装置および酸洗槽を循環する循環流路である場合を例にとった。しかし、本発明は、かかる態様に限定されるものではない。本発明の流路は、酸洗槽に収容された酸洗液を連続的に流すための流路であればよく、例えば、酸洗槽と、廃酸槽や循環槽等の酸収容槽との間に設置され、酸洗槽に収容された酸洗液を酸収容槽へ連続的に流すための流路も、等

しく包含される。

【0162】さらに、第1実施形態～第3実施形態および実施例1の説明は、最終槽および第3槽に酸液が供給される場合を例にとった。しかし、本発明はかかる態様に限定されるものではない。本発明は、複数の酸洗槽に酸液がそれぞれ供給される場合についても等しく適用することができる。

#### 【0163】

【発明の効果】以上説明したように、本発明にかかる酸濃度自動制御装置によれば、酸液を供給される複数の酸洗槽に収容された酸洗液の酸濃度、または、酸液を供給される1または2以上の酸洗槽および循環槽それぞれに収容された酸洗液の酸濃度を、高精度かつ安定的に制御することができる。これにより、酸洗における酸原単位が向上する。

【0164】本発明にかかる酸濃度自動制御装置によれば、特に、酸濃度の連続測定にフィードバック制御を組み合わせることを基本とし、さらにフィードフォワード制御を重畳させる。このため、制御精度およびレスポンスをいずれも著しく向上することができる。

【0165】さらに、本発明にかかる酸濃度自動制御装置によれば、下流側の酸洗槽に収容された酸洗液を上流側に隣接する酸洗槽へ順次オーバーフローさせる型の連続酸洗設備における酸洗槽の酸濃度を連続的に測定し、この測定結果を酸液の供給量にフィードバックする。このため、各酸洗槽の酸濃度を適正に保つことができるとともに酸洗液の原単位を低減することもできる。かかる効果を有する本発明の意義は、極めて著しい。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態で用いる酸濃度連続測定装置の内部構造を示す説明図である。

【図2】密度計の設置部近傍を抽出して示す断面図である。

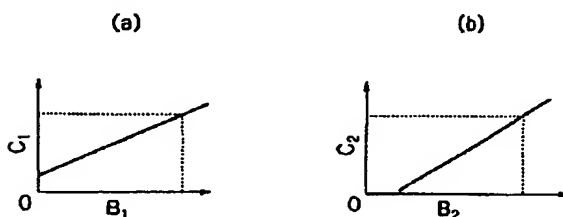
【図3】連続酸洗設備へ適用した第1実施形態の酸濃度自動制御装置の制御系の一例を模式的に示す説明図である。

【図4】第1実施形態の酸濃度自動制御装置を構成する最終槽の概略を示す説明図である。

【図5】第1槽～第4槽それぞれでの脱スケール率の測定結果の一例を示すグラフである。

【図6】図6(a)、図6(b)は、それぞれ、塩酸濃度、

【図6】



塩化鉄濃度の調整値とそれぞれの計算値との関係を示す検量線に関するグラフである。

【図7】密度計、温度計および導電率計により得られた測定値の処理の概要を示す説明図である。

【図8】図8(a)は、第2実施形態で用いる、下流側の酸洗槽に収容された酸洗液を上流側に隣接する酸洗槽へ順次オーバーフローさせる型の連続酸洗設備の説明図であり、図8(b)は、第2実施形態の酸濃度自動制御装置を連続酸洗設備に適用した状況を示す説明図である。

10 【図9】DDC装置における酸液の供給量の決定演算の流れを示すフロー図である。

【図10】第3実施形態の酸濃度連続測定装置の内部構造を示す説明図である。

【図11】第4実施形態の酸濃度自動制御装置を、連続酸洗設備に適用した状況を示す説明図である。

【図12】DDC装置による酸液の供給量の決定演算の流れを示すフロー図である。

20 【図13】実施例1において、第4槽に収容された酸洗液の酸濃度の目標値が16%であって第3槽には酸液を供給しない比較例における酸濃度の経時的な変化の結果を示すグラフである。

【図14】実施例1において、第4槽に収容された酸洗液の酸濃度の目標値が15.5%であって第3槽に収容された酸洗液の酸濃度の目標値が11%である場合の本発明例の結果を示すグラフである。

【図15】実施例1において、比較例および本発明例それぞれについての酸原単位を示すグラフである。

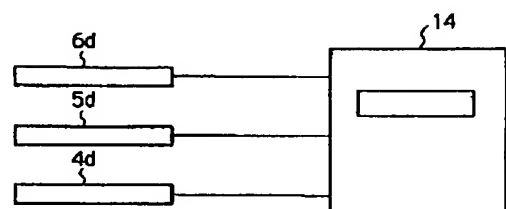
【図16】実施例2において、従来例の連続酸洗設備による酸濃度の変動状況の一例を示すグラフである。

30 【図17】実施例2において、本発明例の連続酸洗設備による酸濃度の変動状況の一例を示すグラフである。

#### 【符号の説明】

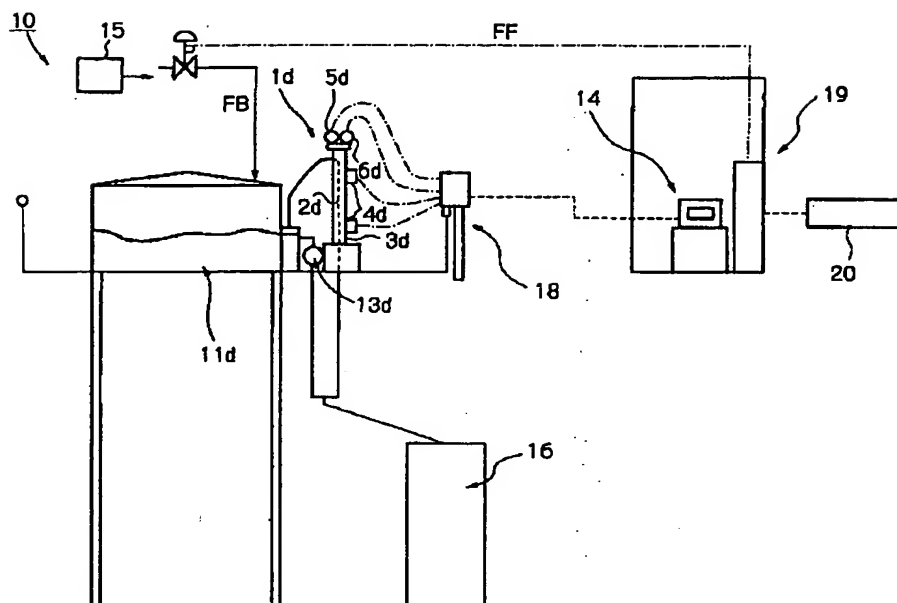
- 1 酸濃度連続測定装置
- 2 循環流路
- 3 酸濃度連続測定装置本体
- 4 密度計
- 4-1、4-2 検出部
- 5 温度計
- 6 導電率計
- 40 11 酸洗槽
- 13 ポンプ

【図7】

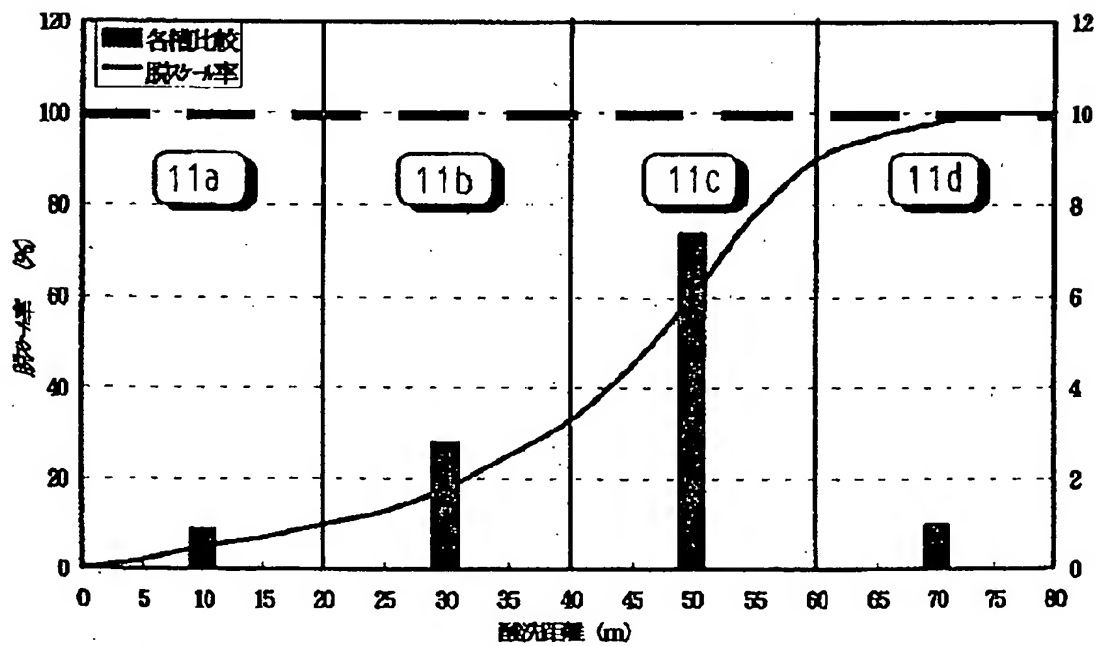




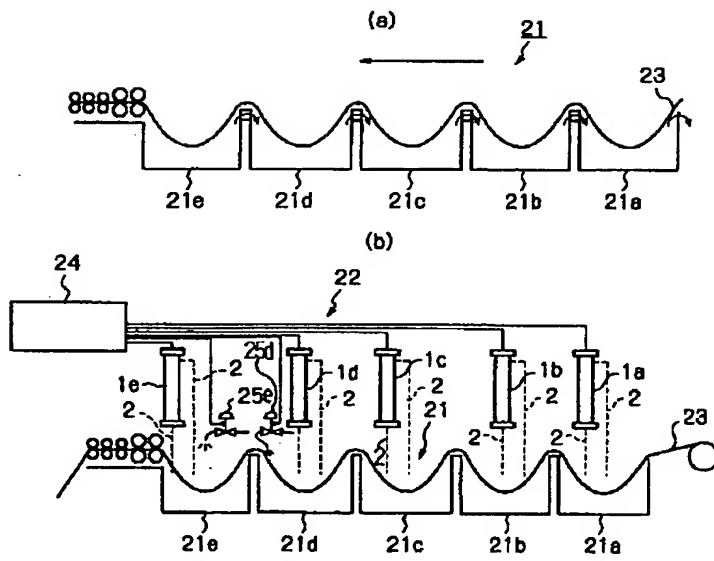
【図4】



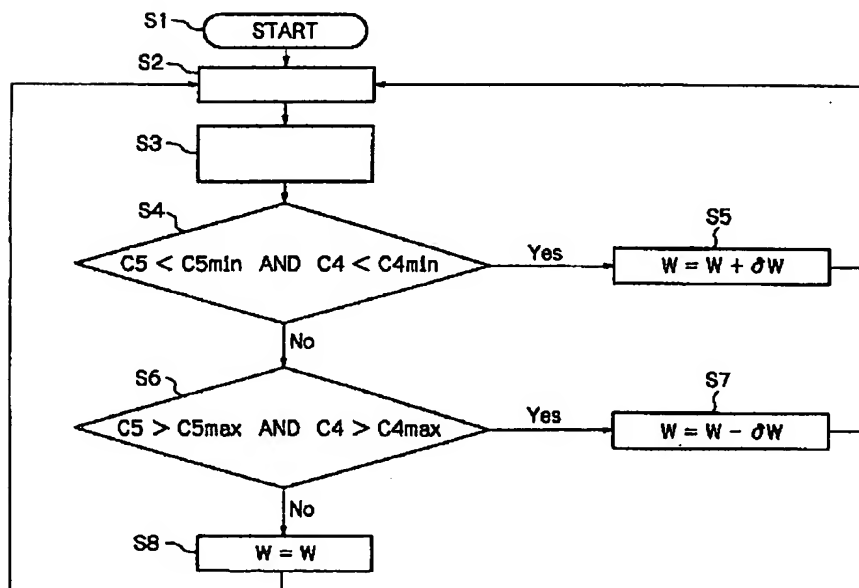
【図5】



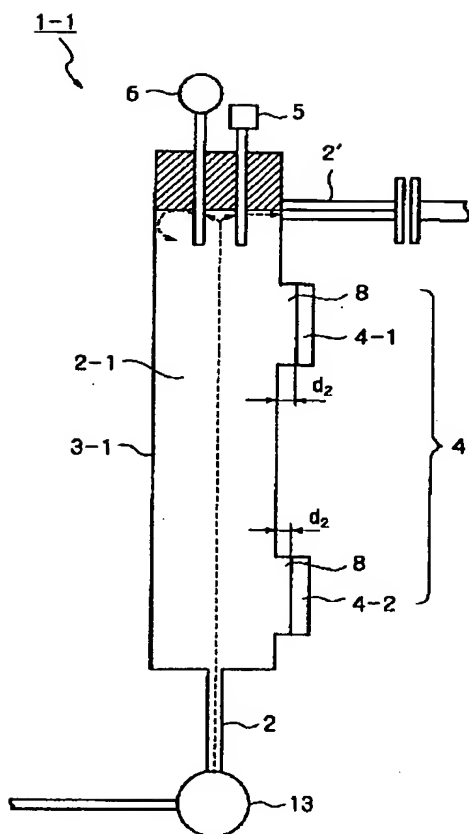
【図 8】



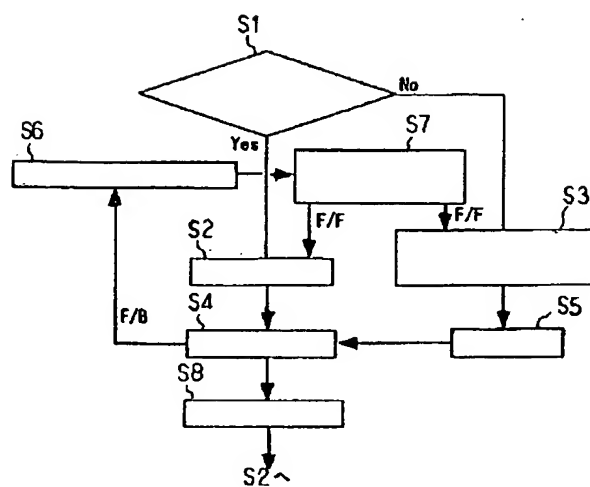
【図 9】



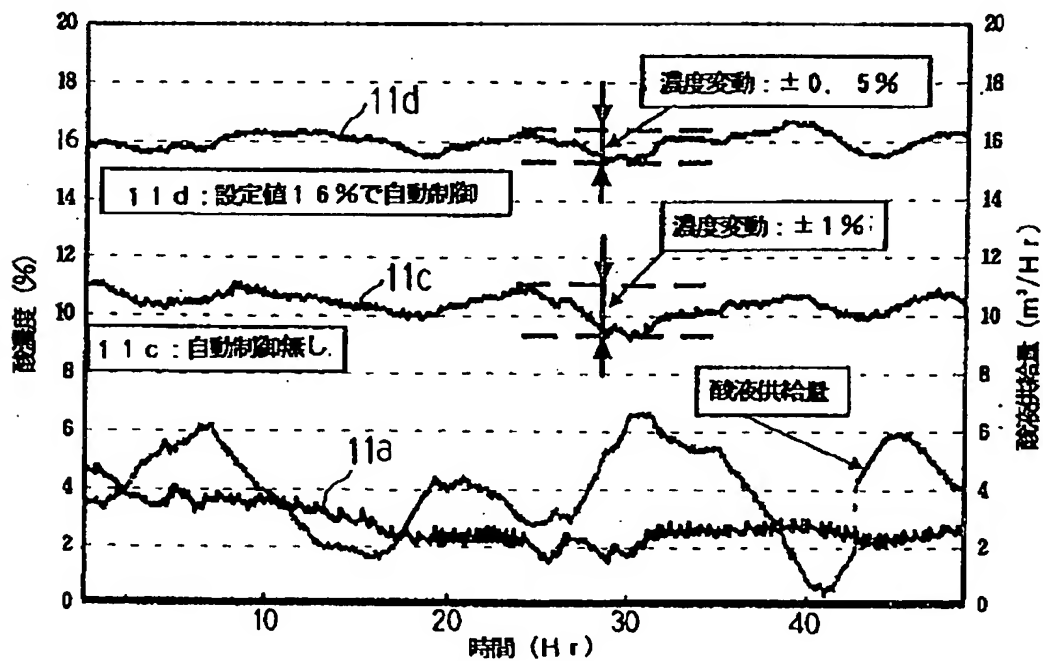
【図10】



【図12】

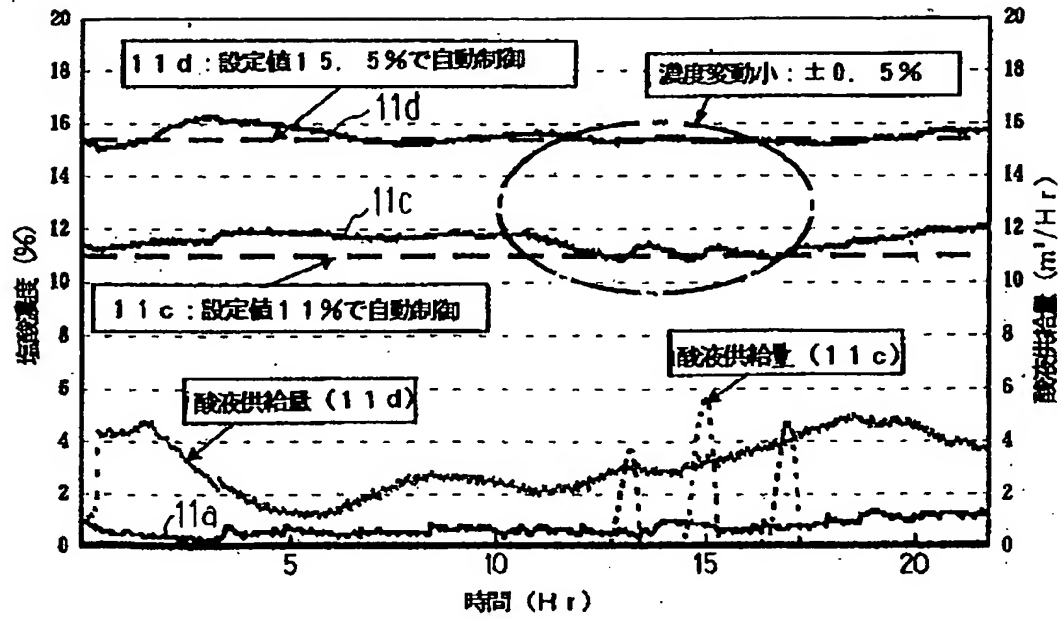


【図13】

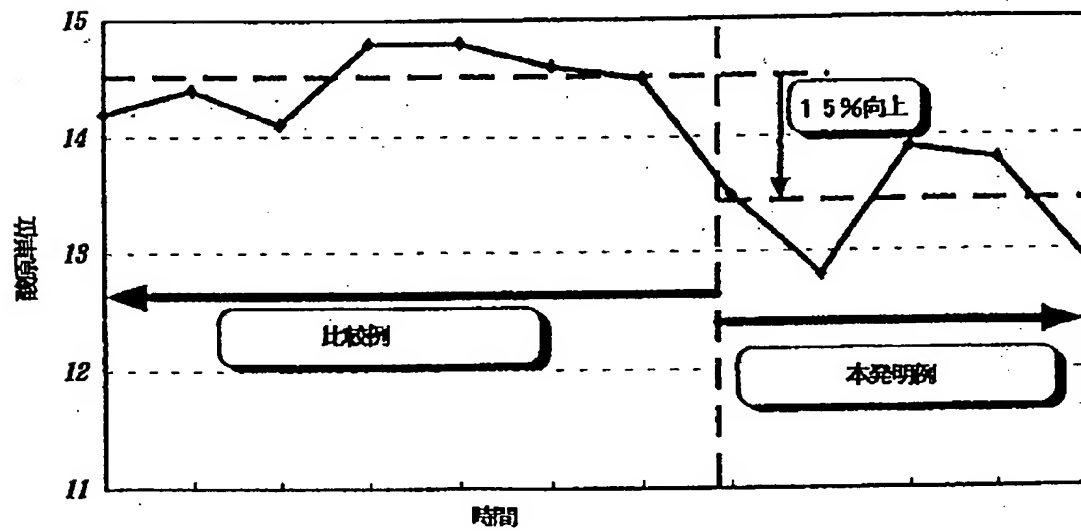




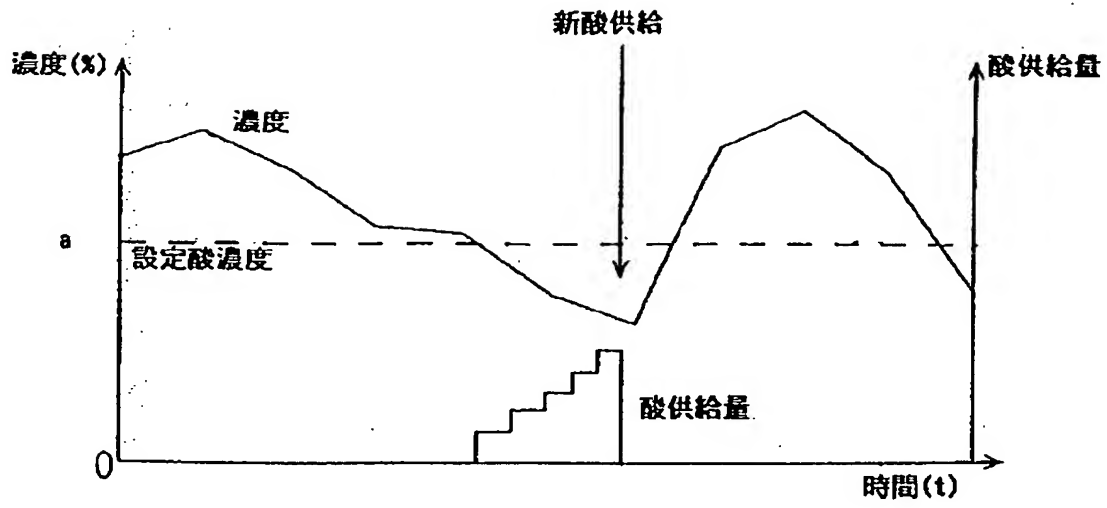
【図14】



【図15】



【図16】



【図17】

